



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 29 162 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**A61 B 1/00**  
H 01 L 41/00  
H 02 N 2/00  
// A61B 1/30

②1 Aktenzeichen: P 43 29 162.7  
②2 Anmeldetag: 30. 8. 93  
④3 Offenlegungstag: 2. 3. 95

DE 43 29 162 A 1

⑦1 Anmelder:  
STM Medizintechnik Starnberg GmbH, 82319  
Starnberg, DE

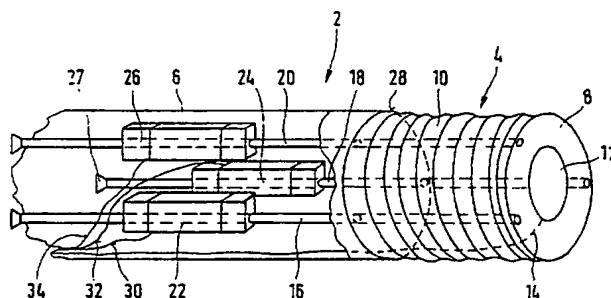
⑦4 Vertreter:  
Klunker, H., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Hirsch, P., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 80797 München

⑦2 Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Endoskop mit bewegbarem vorderen Endbereich

⑤7 Endoskop mit einem Endoskopschaft (2), der im vorderen Endbereich einen beweglichen Abschnitt (4) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Endoskopschaft (2) in der Nähe des beweglichen Abschnitts (4) mindestens ein miniaturisiertes, elektrisches Antriebselement (22) zum Bewegen des beweglichen Abschnitts (4) vorgesehen ist.



DE 43 29 162 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 95 408 069/471

15/30

Die Erfindung bezieht sich auf ein Endoskop mit einem Endoskopschaft, der im vorderen Endbereich einen beweglichen Abschnitt aufweist.

Endoskope sind zu einem wichtigen Hilfsmittel in der Technik und in der Medizin geworden, um kanalartige Hohlräume zu inspizieren, die auf andere Weise nicht oder nur mit erheblichen Eingriffen zugänglich sind. Endoskope sind an ihrem Distalende mit einer Beleuchtungseinrichtung und mit einer Optik zur visuellen Erfassung des davor liegenden Bereichs des Hohlraums ausgerüstet. Die am Distalende im vorderen Bereich des Endoskops erfaßte, optische Information wird normalerweise entweder mittels einer Faseroptik durch den Endoskopschaft nach hinten zu seinem Bedienungsende übertragen, oder wird mittels eines Kamerachips am Distalende erfaßt und durch eine elektrische Leitung durch den Endoskopschaft nach hinten geleitet und auf einem Bildschirmmonitor sichtbar gemacht. Insgesamt haben Endoskope, abgesehen von dem hinteren Bedienungsende, üblicherweise eine langgestreckte, biegsamstabförmige Gestalt.

Ein beweglicher Abschnitt im vorderen Endbereich des Endoskopschafts erweitert die Möglichkeiten bei der Inspektion eines kanalartigen Hohlraums. Bei handelsüblichen Endoskopen kann der bewegliche Abschnitt abgekrümmt werden, insbesondere um einen zu inspizierenden Wandbereich des Hohlraums frontal vor dem Endoskopschaftende zu haben. Handelsübliche Endoskope haben an ihrem hinteren Bedienungsende Drehräder, mittels derer über Bowdenzüge ein Abkrümmen des beweglichen Abschnitts bewerkstelligt werden kann. Das Arbeiten mit den Drehrädern ist ziemlich unpraktisch. Insbesondere bei relativ langen oder bei im Einsatz in Biegungen liegenden Endoskopschaften erschwert die erhebliche Reibung der Bowdenzüge ein feinfühliges und genaues Abkrümmen des beweglichen Abschnitts.

Das erfindungsgemäße Endoskop ist dadurch gekennzeichnet, daß in dem Endoskopschaft in der Nähe des beweglichen Abschnitts mindestens ein miniaturisiertes, elektrisches Antriebselement zum Bewegen des beweglichen Abschnitts vorgesehen ist.

Das erfindungsgemäße elektrische Bewegen des beweglichen Abschnitts ermöglicht ein sehr viel bequemes und feinfühligeres Arbeiten. Da die Antriebsbewegungen über kürzere Distanzen zu dem beweglichen Abschnitt übertragen werden, vermindern sich die mit Reibung im Zusammenhang stehenden Probleme. Außerdem sind diejenigen Probleme eliminiert, die mit einer genauen Bewegungsübertragung mittels Bowdenzug über größere Distanz verbunden sind, insbesondere Leerweg durch Spiel des Bowdenzugs in seiner Hülle, Tendenz zur Verkürzung und Begradigung der Bowdenzughülle, und dgl.

Die Ausdrucksweise "in der Nähe des beweglichen Abschnitts" soll auch den Fall umfassen, daß das miniaturisierte elektrische Antriebselement in dem beweglichen Abschnitt selbst untergebracht ist.

Es ist bevorzugt, als miniaturisiertes elektrisches Antriebselement ein piezoelektrisches Antriebselement zu verwenden. Es gibt Piezokristalle und -keramiken, die, wenn eine Spannung angelegt wird, ihre Länge ändern. Zur praktischen Anwendung wird eine Vielzahl dünner Piezokristall- oder Piezokeramikplättchen aufeinander gestapelt und zwischen ihnen jeweils eine Leiterschicht angebracht. Wird nun zwischen jeweils zwei aufeinander-

derfolgenden Leiterschichten eine Spannung angelegt, so ergibt sich bei passender Orientierung des piezoelektrischen Materials z. B. eine Dehnung des Stapels aus den Piezoplättchen in dessen Längsrichtung. Solche piezoelektrischen Elemente können im Verhältnis zu ihrer Größe sehr große Stellkräfte erzeugen.

Da die Längendehnung beim Anlegen der Spannung nur etwa 1 Promille der Länge des Piezomaterials beträgt, ist es eine günstige Möglichkeit, die nötigen Stellwege mit einer Folge linearer Antriebsschritte zu erzeugen.

Es gibt Fälle, in denen das Antriebselement nur mit Schwierigkeiten dort platzierbar ist, wo die Antriebsbewegung zum Bewegen des beweglichen Abschnitts benötigt wird. Deshalb ist es in Weiterbildung der Erfindung bevorzugt, zwischen dem Antriebselement und dem beweglichen Abschnitt des Endoskopschafts ein Bewegungsübertragungselement vorzusehen. Das Bewegungsübertragungselement ist vorzugsweise ein langgestreckter, biegesteifer oder biegeweicher Strang. Ferner kann es bevorzugt sein, als Bewegungsübertragungselement einen flachen Strang beliebiger Breite vorzusehen. Als konkretere Beispiele seien seilartige Zugglieder und Elemente in Form insbesondere dünner Stangen oder Bänder genannt, wobei metallische Materialien, Kunststoffmaterialien, faserverstärkte Materialien und anderes mehr in Frage kommen. Das Antriebselement arbeitet auf das Bewegungsübertragungselement, und dieses ist an den beweglichen Abschnitt des Endoskopschafts angeschlossen.

Vorzugsweise ist das Antriebselement mit zwei piezoelektrisch betätigbaren Klemmelementen zum wechselnden Eingriff mit dem Bewegungsübertragungselement auszustatten. Durch Aneinanderreihen von Aktivierungen der beiden Klemmelemente und des piezoelektrischen Linearbewegers wird eine Relativbewegung zwischen Bewegungsübertragungselement und Antriebselement erzeugt. Der Begriff "Relativbewegung" bedeutet, daß sich einerseits das Antriebselement entlang einem stationären Bewegungsübertragungselement bewegen kann, und daß zum anderen das Bewegungsübertragungselement durch ein festgehaltenes Antriebselement verschoben werden kann.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung weist das Klemmelement mindestens einen Klemmeingriffskörper auf, und die piezoelektrische Betätigungsbewegung wird über eine Schrägfläche in die Klemmbewegung des Klemmeingriffskörpers umgesetzt. Je nach Ausmaß der Schrägstellung der Schrägfläche relativ zu der Arbeitsrichtung des piezoelektrischen Klemmelementbetätigers kann man gezielt eine Kraftverstärkung für die Einklemmung des Bewegungsübertragungselements oder eine Wegvergrößerung für die Klemmbewegung des Klemmeingriffkörpers erzeugen. Vorzugsweise sind mehrere Klemmeingriffskörper vorgesehen, die das Bewegungsübertragungselement zwischen sich festklemmen; wenn nur ein Klemmeingriffskörper vorgesehen ist, klemmt dieser das Bewegungsübertragungselement gegen ein Widerlager.

Es ist günstig, wenn sich beim Aufheben der Betätigung des Klemmelements der Klemmeingriff federnd wieder löst. Das Klemmelement kann einstückig oder aus mehreren Teilen zusammengesetzt sein.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das jeweilige Klemmelement mindestens einen relativ zu dem Bewegungsübertragungselement schräggestellten Klemmeingriffskörper auf, der so angeordnet ist, daß er unter der Wirkung der piezoelektri-

schen Betätigungsbewegung schwenkt und in Klemmeingriff mit dem Bewegungsübertragungselement kommt. In einem idealisierten Klemmelement schwenkt der Klemmeingriffskörper um einen festen Schwenkpunkt. Abhängig von dem Ausmaß der Schrägstellung und den Abständen zwischen Schwenkpunkt und Klemmfläche einerseits und dem Schwenkpunkt und der Stelle, an der die piezoelektrische Betätigungsbewegung am Klemmeingriffskörper eingreift, andererseits kann man durch Hebelwirkung gezielt eine Kraftverstärkung für die Einklemmung des Bewegungsübertragungselements oder eine Wegvergrößerung für die Klemmbewegung erzeugen. Zur Kraftübertragung zwischen dem Klemmelementbetätiger und dem Klemmeingriffskörper kann mindestens eine flexible Verbindung vorgesehen sein. Vorzugsweise ist die Verbindung zwischen Klemmelementbetätiger und Klemmeingriffskörper biegeweich einstückig vorgesehen. Alternativ kann auch ein einseitig frei anliegendes Tastelement angeordnet sein.

Ferner kann man eine derartige Schrägstellung des Klemmeingriffskörper relativ zu dem Bewegungsübertragungselement vorsehen, daß sich bei einer Kraftübertragung zwischen dem Klemmelement und dem Bewegungsübertragungselement eine Selbstverstärkung des Klemmeingriffs ergibt. Funktionell kommt es hierbei auf den spitzen Winkel zwischen der Längsrichtung des Bewegungsübertragungselements und derjenigen Geraden an, die bei dem Klemmeingriffskörper von dessen Klemmfläche zu dessen virtuellen Schwenkpunkt bei der Klemmbewegung führt, unabhängig von der geometrischen Gestaltung des Klemmeingriffskörpers. Es gibt einen Grenzwinkel, ab dem die Selbstverstärkung einsetzt; die Betätigungskraft des Klemmbetätigers und die aus der Selbstverstärkung herrührende Kraft wirken zur Erzeugung des Klemmeingriffs zusammen. Bei einem noch steileren Winkel wird ein Punkt erreicht, ab dem die Betätigungskraft des Klemmbetätigers nur noch zur Erzeugung eines anfänglichen Klemmeingriffs benötigt wird; die aus der Selbstverstärkung herrührende Kraft kann den weiteren Klemmeingriff allein sicherstellen.

Es ist besonders vorteilhaft, die piezoelektrischen Bauteile des piezoelektrischen Antriebselements alle auf einer Seite des Bewegungsübertragungselements anzuordnen. Eine derartige Anordnung hat den Vorteil, daß die Größe des piezoelektrischen Antriebselements, — insbesondere seine Breite bzw. Höhe — deutlich reduziert werden kann. Das erleichtert es wesentlich, mehrere Antriebselemente an gleicher Stelle hinsichtlich seiner Längserstreckung im Endoskopschaft unterzubringen. Zum anderen ergibt sich durch diesen Aufbau eine erhebliche Vereinfachung für die Herstellung der Antriebselemente.

Besonders einfach gestaltet sich der Aufbau des Antriebselements, wenn der Effekt der Selbstverstärkung nur in einer der beiden Längs-Bewegungsrichtungen des Bewegungsübertragungselements benutzt wird. Bei speziellen Anwendungen, wenn besonders große Kräfte in einer dieser beiden Bewegungsrichtungen erzeugt werden sollen, ist es günstig, beide Klemmelemente "gleichsinnig" anzuordnen.

Am günstigsten ist es, wenn das Klemmelement umfangsmäßig verteilt mehrere Klemmeingriffskörper aufweist. Ein Bewegungsübertragungselement kann dann, mindestens für einen Teil seines Umfangs, von diesen wie von einer Spannzanze oder einem Bohrfutter umfaßt und festgeklemmt werden.

Eine als für die praktische Ausführung besonders einfach bevorzugte Ausbildung eines Klemmelements bietet ein, insbesondere in einem Teil seiner Länge, geschlitztes Ringelement.

Die technische Umsetzung ist besonders einfach, wenn das Bewegungsübertragungselement ein langgestreckter Strang ist. Hier sind verschiedenste Lösungen vorstellbar, so kann z. B. ein Zugseil aus Metall oder Kunststoff oder auch eine Stange, die Zug- und/oder Druckkräfte übertragen kann, zum Übertragen der Bewegung verwendet werden.

Einen guten Kompromiß zwischen vielfältiger Bewegungsmöglichkeit und Bauaufwand stellt das Vorsehen von drei Antriebselementen umfangsmäßig beabstandet in dem Endoskopschaft dar; hiermit kann der bewegliche Abschnitt in jede Richtung abgekrümmt werden. Wenn der bewegliche Abschnitt an einer Stelle längenunveränderlich ausgebildet wird, kann man auch mit nur zwei Antriebselementen mit Bewegungsübertragungselementen auskommen; hierbei müssen die Bewegungsübertragungselemente allerdings auch Druckkräfte übertragen können.

Es ist möglich, mehrere Antriebselemente nebeneinander vorzusehen, die hinsichtlich der Längserstreckung des Endoskopschafts im wesentlichen an gleicher Stelle angeordnet sind. Alternativ kann man mehrere Antriebselemente vorsehen, die in Längsrichtung des Endoskopschafts versetzt angeordnet sind. Das ist besonders dann angebracht, wenn bei einer Anordnung an im wesentlichen gleicher Stelle im Endoskopschaft wenig Platz für die Durchführung eines Arbeitskanals verbliebe oder wegen der Größe der Antriebselemente eine Anordnung an im wesentlichen gleicher Stelle des Endoskopschafts nicht möglich ist.

Die beiden wichtigsten, in Ausgestaltung der Erfindung bevorzugten Bewegungsmöglichkeiten des beweglichen Abschnitts sind Abkrümmung und Längenveränderbarkeit. Mit letzterer kann man zur genaueren Inspektion sehr gezielt an einen zu inspizierenden Bereich der Hohlraumwand heranfahren. Beide Bewegungsmöglichkeiten lassen sich auch kombinieren.

Die Erfindung läßt sich zum einen bei der Inspektion, aber auch bei der Durchführung von Arbeiten in technischen Anlagen und Einrichtungen einsetzen. Als Beispiele unter vielen seien Kernreaktoren, chemische Anlagen, Rohrleitungssysteme genannt. Zum anderen läßt sich die Erfindung günstig auf dem Gebiet der Medizin einsetzen, insbesondere zur Exploration von Hohlräumen oder röhrenartigen Kanälen des Körpers oder zur Durchführung von minimal invasiven Operationen. Endoskope haben sich besonders eingeführt zur Exploration der Speiseröhre, des Magens, des Zwölffingerdarms vom Magen aus, des Darms vom Anus aus, der Harnröhre, der Blase und der Harnleiter. Endoskope weisen in der Regel einen sogenannten Arbeitskanal auf, durch den diverse Arbeitselemente eingeführt werden können, z. B. kleine Zangen zur Entnahme von Gewebeproben, Biopsienadeln, beheizbare Schneiddrähte, kleine Scheren, Koagulationselektroden oder dergleichen. Es sei hier darauf hingewiesen, daß auch einige der Arbeitsinstrumente in ähnlicher Art wie der bewegliche Abschnitt des Endoskops durch miniaturisierte, elektrische Antriebselemente betätigt werden können. Schließlich ist in der Regel ein Fluidkanal für Spülflüssigkeit vorhanden, der auch zum Insufflieren mit Luft bzw. speziellen Gasen verwendet werden kann. Insgesamt soll der Begriff "Endoskop" in der vorliegenden Anmeldung auch Geräte umfassen, bei denen der Gesichtspunkt des

optischen Inspizierens nicht im Vordergrund steht.

Die Erfindung hat den großen Vorteil, die Reibung entlang der Bewegungsübertragungselemente eines Endoskops speziell beim Einsatz in stark verschlungenen kanalartigen Hohlräumen annähernd auszuschalten, so daß der bewegliche Abschnitt des Endoskops in günstiger Weise genau positioniert werden kann. Der Einsatz eines Endoskops wird damit nicht durch die Länge des zu untersuchenden Hohlraums und dessen Form beeinträchtigt, was besonders bei der Exploration des menschlichen Enddarms, des Dickdarms und des Dünndarms sowie bei schwierigeren Einsätzen in verschlungenen Hohlraumssystemen wichtig ist.

Die Steuerung der Antriebselemente bzw. des vorderen Abschnitts des Endoskops erfolgt, z. B. mittels eines Steuerknüppels und eine Steuerelektronik präzise und erfordert weniger Aufmerksamkeit. Das bewirkt eine Entlastung des Untersuchenden, der seine Konzentration nicht mehr auf das Positionieren verwenden muß, sondern sich ausschließlich der Untersuchung des Hohlraums zuwenden kann.

Ein weiterer großer Vorteil ist die Längenveränderbarkeit im Bereich des beweglichen Abschnitts, durch die das vordere Ende des Endoskops an einen zu untersuchenden Bereich der Hohlraumwand herangefahren werden kann. Das ist besonders in den Fällen wichtig, wo, wie z. B. bei der Koloskopie, die Wand eine sehr unregelmäßige Struktur aufweist. Werden hier etwa durch einen Arbeitskanal zusätzliche Arbeitsinstrumente eingeführt, verringert das nahe Heranfahren an den Wandbereich, an dem ein Eingriff vorgenommen werden soll, die Gefahr, einen unbeteiligten Wandbereich mit dem Arbeitsinstrument zu verletzen.

Die Erfindung und Weiterbildungen der Erfindung werden nachfolgend anhand eines teilweise schematisiert dargestellten Ausführungsbeispiels noch näher erläutert. Es zeigt

**Fig. 1** teilweise geschnitten den vorderen Endbereich eines erfindungsgemäßen Endoskops;

**Fig. 2** im Längsschnitt und in vergrößertem Maßstab ein piezoelektrisches Antriebselement, und zwar in der unteren Hälfte eine erste Variante und in der oberen Hälfte eine zweite Variante;

**Fig. 3** schematisiert eine Abfolge von Bewegungsschritten, die zu einer Verschiebung des Bewegungsübertragungselements bei einem piezoelektrischen Antriebselement nach **Fig. 2** führt;

**Fig. 4, 5 und 6** jeweils im Längsschnitt einen Teil des Eingriffsbereichs zwischen einem Klemmelement und einem Bewegungsübertragungselement;

**Fig. 7** in Seitenansicht und teilweise längsgeschnitten ein alternatives Ausführungsbeispiel eines piezoelektrischen Antriebselements;

**Fig. 8** einen Querschnitt durch das Antriebselement entlang der Linie 8-8 in **Fig. 7**; und

**Fig. 9** einen Querschnitt durch das Antriebselement entlang der Linie 9-9 in **Fig. 7**.

**Fig. 1** zeigt einen Teil eines Endoskopschafts 2 mit einem halbsteifen, biegsamen Hauptabschnitt 6 und einem beweglichen Abschnitt 4 im vorderen Endbereich. Der bewegliche Abschnitt 4 wird im wesentlichen von einem Stützelement gebildet, das mit einem elastischen Material 10, z. B. Gummi, überzogen ist. Das Stützelement kann in der Art einer Schraubenfeder ausgebildet sein. Der bewegliche Abschnitt 4 ist an seinem vorderen Ende 8 verschlossen. Im vorderen Ende 8 ist ein Kamerachip 12 untergebracht, der optische Informationen erfaßt und über eine elektrische Leitung 14 durch den

Endoskopschaft nach hinten leitet. Drei Bewegungsübertragungselemente 16, 18, 20 sind an dem vorderen Ende 8 nahe dem Umfang, umfangsmäßig im Winkelabstand von 120° verteilt, befestigt. Die Bewegungsübertragungselemente 16, 18 und 20 sind hinter dem Übergang 28 zwischen dem beweglichen Abschnitt 4 und dem Hauptabschnitt 6 des Endoskopschafts jeweils mit einem miniaturisierten, piezoelektrischen Antriebselement 22, 24, 26 in Eingriff und setzen sich über diese hinaus ein gewisses Stück nach hinten fort. Eine Verdickung 27 ist am hinteren Ende jedes Bewegungsübertragungselements 16, 18, 20 vorgesehen, um zu weites Hindurchbewegen durch die Antriebselemente 22, 24, 26 zu verhindern.

Die Antriebselemente 22, 24, 26 sind im Hauptabschnitt 6 des Endoskopschafts 2 kurz vor dem Übergang 28 befestigt und erhalten ihre Stromversorgung über elektrische Leitungen 30, 32 und 34. In der gezeigten Ausführungsform sind die Antriebselemente 22, 24, 26 nahe dem Übergang 28 mit im wesentlichen gleichem Abstand von diesem angeordnet, sie können jedoch auch in Längserstreckung gestaffelt angeordnet werden.

Verkürzt man mit einem der Antriebselemente 22, 24, 26 das dazugehörige Bewegungsübertragungselement 16, 18, 20, so führt das zu einem Abkrümmen des beweglichen Abschnitts 4 in derjenigen Axialebene, welche das betreffende Bewegungsübertragungselement enthält. Wenn an mehreren Übertragungselementen gleichzeitig gezogen wird, ergibt sich die Richtung der Abkrümmung als vektorielle Überlagerung. Durch kooperatives Betätigen der Antriebselemente 22, 24, 26 kann der bewegliche Abschnitt 4 somit in jede beliebige Richtung abgekrümmt werden.

Zusätzlich zu dem Kamerachip 12 kann an dem vorderen Ende 8 des Endoskopschafts ein Arbeitskanal enden, in den vom hinteren Ende des Endoskopschafts Arbeitsgeräte eingeführt werden können und der in **Fig. 1** nicht dargestellt ist.

Das in **Fig. 2** gezeichnete Antriebselement 22 besteht im wesentlichen aus einer ersten Klemmeinrichtung 38 (rechts in **Fig. 2**), einer zweiten Klemmeinrichtung 40 (links in **Fig. 2**) und einem dazwischen angeordneten piezoelektrischen Linearbeweger 36. Diese drei Bestandteile sind jeweils, grob gesprochen, hohlzylindrisch und koaxial hintereinander angeordnet. Das Antriebselement 22 weist insgesamt vier Platten auf, nämlich fortschreitend von rechts nach links in **Fig. 2** eine am Ende angeordnete, erste Platte 41, eine zweite Platte 43 zwischen der ersten Klemmeinrichtung 38 und dem Linearbeweger 36, eine dritte Platte 45 zwischen dem Linearbeweger 36 und der zweiten Klemmeinrichtung 40, und am linken Ende eine vierte Platte 47. Die Platten 41, 43, 45, 47 erstrecken sich rechtwinklig zur Längsachse 49 des Antriebselements 22.

Das Bewegungsübertragungselement 16 mit kreisförmigem Querschnitt führt durch einen zentralen Kanal des Antriebselements 22 längs hindurch.

Die Klemmeinrichtungen 38 und 40 sind identisch aufgebaut, so daß es ausreicht, anschließend nur die erste Klemmeinrichtung 38 zu beschreiben.

Die erste Klemmeinrichtung 38 besteht im wesentlichen aus einem piezoelektrischen Klemmelementbetätiger 44 und einem insgesamt ringförmigen Klemmelement 48. Der Klemmelementbetätiger 44 besteht aus einem Stapel piezoelektrischer Scheiben, der sich mit seiner in **Fig. 2** linken Stirnseite gegen die zweite Platte 43 abstützt. Das Klemmelement 48 ist für mehr als die

Hälfte seiner axialen Länge durch mehrere, umfangmäßig verteilte Schlitzte geschlitzt, so daß mehrere fingerartige Klemmeingriffskörper 51, jeweils radial innen mit einer Klemmfläche 56 gebildet sind. Das Klemmelement 48 stützt sich mit seiner in Fig. 2 rechten Stirnseite gegen die erste Platte 41 ab.

Die erste Platte 41 und die zweite Platte 43 sind durch mehrere, um die Längsachse 49 verteilte, axial verlaufende Schrauben 52 miteinander verbunden.

Wenn der Klemmelementbetätiger 44 durch Stromzufuhr aktiviert wird, bewegt sich seine in Fig. 2 rechte Stirnseite nach rechts; eine dort vorgesezte Scheibe 50 drückt gegen äußere Schrägflächen 54 aller Klemmeingriffskörper 51 und bewegt deren Klemmflächen 56 im wesentlichen radial nach innen, so daß diese Klemmflächen 56 mit dem Außenumfang des Bewegungsübertragungselements 16 in reibschlüssigen, klemmenden Eingriff kommen. Wenn der Klemmelementbetätiger 44 deaktiviert wird, bewegen sich die Klemmeingriffskörper 51 aufgrund ihrer Eigenelastizität wieder zurück in die radial äußere Ausgangsposition.

Die zweite Klemmeinrichtung 40 ist in gleicher Richtung orientiert wie die erste Klemmeinrichtung 38. Somit stützt sich die stationäre Stirnseite des Klemmelementbetätigers 44 der zweiten Klemmeinrichtung 40 gegen die vierte Platte 47 ab und stützt sich das Klemmelement 48 der zweiten Klemmeinrichtung 40 mit seiner stationären Stirnfläche gegen die dritte Platte 45 ab.

Zwischen der zweiten Platte 43 und der dritten Platte 45 ist der Linearbeweger 36, wiederum ausgebildet als ein Stapel von piezoelektrischen Scheiben, spielfrei angeordnet. Der Linearbeweger 36 ist in Axialrichtung deutlich länger als die Klemmeinrichtungen 38 und 40. Bei der oben in Fig. 2 dargestellten Variante sind die zweite Platte 43 und die dritte Platte 45 durch mehrere, um die Längsachse 49 verteilte Schrauben 53 miteinander verbunden. Die weiter vorn beschriebenen Schrauben 52 und die Schrauben 53 können einheitliche, über die ganze Länge des Antriebselements 22 durchgehende, gewindestangenartige Bauteile sein. Bei der Variante unten in Fig. 2 fehlen die Schrauben 53. Bei dieser Variante sind die Stirnseiten des Linearbewegers 36 mit der jeweils zugeordneten Platte 43 bzw. 45 fest verbunden, während bei der oben in Fig. 2 dargestellten Variante dort keine feste Verbindung erforderlich ist. Wenn Schrauben 53 vorgesehen sind, werden diese in ihrem Durchmesser so bemessen, daß sie sich bei Aktivierung des Linearbewegers 36 dehnen, also eine Auseinanderbewegung der zweiten Platte 43 und der dritten Platte 45 zulassen; bei Deaktivierung des Linearbewegers 36 erfolgt eine elastische Zusammenziehung der Schrauben 53. Im Gegensatz hierzu sind die Schrauben 52 der Klemmeinrichtungen 38, 40 so ausgelegt, daß sie sich nicht erheblich in Axialrichtung dehnen, wenn der Klemmelementbetätiger 44 aktiviert wird; eine gewisse Dehnung der Schrauben 52 ist nicht störend.

Die lineare Betätigungsbewegung eines Klemmelementbetätigers 44 beträgt etwa 1/1000 der Länge des piezoelektrischen Materials im Klemmelementbetätiger 44. Der Abstand, um den sich die Klemmflächen 56 des Klemmelements 48 bei Aktivierung des Klemmelementbetätigers 44 aufeinander zu bewegen, hängt von der axialen Länge des piezoelektrischen Materials im Klemmelementbetätiger 44 und der Neigung der Schrägflächen 54 gegen die Längsachse 49 ab.

Fig. 3 zeigt eine Abfolge von Bewegungsschritten I bis VI, die zu einer Bewegung des Bewegungsübertragungselements 16 durch das Antriebselement 22 führt.

In I sind an dem schematisiert gezeichneten Antriebselement 22 die Klemmeinrichtungen 38, 40 sowie der piezoelektrische Linearbeweger 36 bezeichnet. Das Antriebselement 22 ist im Bereich der Klemmeinrichtung 38 fest mit dem Hauptabschnitt 6 des Endoskopschafts verbunden, was in Fig. 1 und 2 nicht eingezeichnet ist, aber in Fig. 3 durch Schraffur angedeutet ist. Für diese feste Verbindung kann man z. B. an einer oder beiden der Platten 41, 43 ansetzen.

In der Position I befindet sich die Klemmeinrichtung 40 in reibschlüssigem Eingriff mit dem Bewegungsübertragungselement 16, der Linearbeweger 36 ist ohne angelegte Spannung, die Klemmeinrichtung 38 ist nicht betätigt. Wird der Linearbeweger 36 betätigt, so erfährt dieser eine — vergrößert dargestellte — Linearbewegung und verschiebt damit die Klemmeinrichtung 40 relativ zu der fixierten Klemmeinrichtung 38. Mit dieser Verschiebung der Klemmeinrichtung 40 wird auch das Bewegungsübertragungselement 16 nach links gezogen. Dieser Zustand ist in Position II dargestellt. Eine erneute lineare Verschiebung des Bewegungsübertragungselements 16 nach links kann erst durchgeführt werden, wenn der Linearbeweger 36 sich relativ zu dem Bewegungsübertragungselement 16 wieder in seine Ausgangsposition zurückbewegt hat. Dazu ist eine Reihe von Klemmvorgängen nötig, die in den Positionen III und IV gezeigt sind. Die fixierte Klemmeinrichtung 38 wird aktiviert und dadurch mit dem Bewegungsübertragungselement 16 reibschlüssig verbunden. Dann wird die Klemmeinrichtung 40 deaktiviert; der deaktivierte Linearbeweger 36 geht in seine ursprüngliche verkürzte Position zurück. Aus der nun erreichten Position V sind wieder zwei Umklemschritte der Klemmeinrichtungen 40 und 38 nötig, nämlich Schließen der Klemmeinrichtung 40 und Öffnen der Klemmeinrichtung 38, um in die Ausgangsposition I zu kommen, woraufhin in einer erneuten Schrittfolge eine weitere Verschiebung des Bewegungsübertragungselements 16 vorgenommen wird.

Die Stellvorgänge der beteiligten Piezoelemente 36, 44 erfolgen sehr schnell, so daß eine Wiederholung dieser Schrittfolge eine ausreichende Stellgeschwindigkeit für das Bewegungsübertragungselement 16 ergibt.

Erfolgt die Abfolge der Bewegungsschritte I bis VI in umgekehrter Reihenfolge, wird das Bewegungsübertragungselement 16 von links nach rechts statt wie beschrieben von rechts nach links bewegt. Um diese Bewegung in eine Bewegung des Endes 8 des beweglichen Abschnitts 4 umzusetzen, muß entweder das Bewegungsübertragungselement zur Übertragung von Druckkräften geeignet ausgebildet sein oder muß eine federnde Auseinanderbewegung des Stützelements 10 die notwendige Bewegungskraft liefern, wobei das Bewegungsübertragungselement als eine Art gesteuerte Bremse wirkt.

Wie im vorhergehenden bereits beschrieben, führt das Verkürzen eines der Bewegungsübertragungselemente 16, 18, 20 durch sein dazugehöriges Antriebselement 22, 24, 26 zu einem Abkrümmen des beweglichen Abschnitts 4 gegenüber dem Hauptabschnitt 6 des Endoskopschafts 2. Werden alle drei Bewegungsübertragungselemente 16, 18, 20 um die gleiche Länge gekürzt, so führt dies zu einer linearen Verkürzung des beweglichen Abschnitts 4. Erfolgt diese Verkürzung des beweglichen Abschnitts 4 des Endoskopschafts 2 gegen die Federkraft des Stützelements des beweglichen Abschnitts 4, kann durch ein Nachlassen der Bewegungsübertragungselemente 16, 18, 20 der bewegliche Ab-

schnitt 4 teleskopartig nach vorne verfahren werden. Die Kombination aus Abkrümmbewegung und Längenveränderung ermöglicht eine genaue Positionierung des vorderen Endes 8 des beweglichen Abschnitts 4 des Endoskopschafts 2 an einen zu untersuchenden Wandbereich des Hohlraums.

In Fig. 4 ist nochmals in größerem Maßstab die Geometrie des Klemmelements 48 aus Fig. 2 und dessen Eingriffsbereich mit dem Ring 50 dargestellt. Ehe die fingerartigen Klemmeingriffskörper 51 in den ungeschlitzten Bereich des ringartigen Klemmelements 48 übergehen, weisen sie einen Bereich 58 vergleichsweise geringer radialer Dicke auf. In dem Bereich 58 findet im wesentlichen die elastische Verformung der Klemmeingriffskörper 51 beim Schließen und Öffnen statt. Eine Gerade ist durch einen repräsentativen Zentralpunkt 64 des Bereichs 58 und einen repräsentativen Zentralpunkt 66 der Klemmfläche 56 gelegt. Die Gerade 62 bildet mit der Längsachse 49 bzw. der Umfangsfläche des Bewegungsübertragungselements 16 einen Winkel 60, der so groß ist, daß sich eine Selbstverstärkung des Klemmeingriffs ergibt. Diese Selbstverstärkung ist nur in einer Axialrichtung wirksam, nämlich bei Verschiebung des Bewegungsübertragungselements 16 nach rechts in Fig. 4 durch Axialverschiebung der Klemmeinrichtung 48 nach links in Fig. 4, oder — in anderer Betrachtungsweise — bei Zug an dem Bewegungsübertragungselement 16 durch eine äußere Kraft in Richtung nach rechts in Fig. 4. Mittels des Klemmelementbetätigers 44 muß über den Ring 50 und die Schrägfläche 54 nur noch so viel radiale Anpreßkraft auf die umfangsmäßig verteilten Klemmeingriffskörper 51 aufgebracht werden, daß zwischen den Klemmflächen 56 und dem Außenumfang des Bewegungsübertragungselements 16 eine anfängliche Reibungskraft aufgebaut wird. Wenn dann das Klemmelement 48 in Axialrichtung nach links in Fig. 4 verschoben wird, verstärkt sich die auf die Klemmflächen 56 wirkende Anpreßkraft von selbst, so daß im Prinzip Kräfte in Axialrichtung von beliebiger Größe zwischen dem Klemmelement 48 und dem Bewegungsübertragungselement 16 übertragen werden können.

Wenn der beschriebene Selbstverstärkungseffekt bei einer bestimmten Anwendung nicht von erheblicher Bedeutung ist, kann man die beiden Klemmeinrichtungen 38 und 40 spiegelbildlich zueinander ausbilden statt gleichsinnig, wie es in Fig. 2 gezeichnet ist.

In den Fig. 5 und 6 ist veranschaulicht, daß man es durch die Wahl des Winkels 68 zwischen der Schrägfläche 54 der Klemmeingriffskörper 51 des Klemmelements 48 und der Längsachse 49 bzw. der Umfangsfläche des Bewegungsübertragungselements 16 in der Hand hat, ob man lieber eine Vergrößerung des im wesentlichen radial verlaufenden Anpreßwegs der Klemmfläche 56 oder eine Vergrößerung der radialen Anpreßkraft der Klemmfläche 56 hat. Wenn der Winkel 68  $45^\circ$  beträgt, entsprechen sowohl der Anpreßweg als auch die Anpreßkraft der Klemmfläche 56 dem axialen Weg und der in Axialrichtung aufgetragenen Kraft von dem Klemmelementbetätiger 44. Wenn hingegen der Winkel 68 kleiner als  $45^\circ$  ist (vgl. Fig. 5), erreicht man eine Erhöhung der Anpreßkraft verglichen mit der von dem Klemmelementbetätiger 44 gelieferten, in Axialrichtung wirkenden Kraft, selbstverständlich um den Preis einer Verringerung des Weges der Klemmfläche 56 im Vergleich zu dem Weg des Rings 50 in Axialrichtung.

Wenn hingegen der Winkel 68 größer als  $45^\circ$  ist (vgl. Fig. 6) erreicht man eine Vergrößerung des bei Aktivierung des Klemmelementbetätigers 44 von den Klemm-

flächen 56 im wesentlichen in Radialrichtung zurückgelegten Weges im Vergleich zum Weg des Rings 50 in Axialrichtung. Im Gegenzug nimmt aber die radiale Anpreßkraft im Vergleich zu der vom Klemmelementbetätiger 44 in Axialrichtung gelieferten Kraft ab.

Bei den Fig. 5 und 6 wurde wiederum zeichnerisch veranschaulicht, daß sich die fingerartigen Klemmeingriffskörper 51 beim Klemmen und beim Lösen schwenkend im wesentlichen um den repräsentativen Punkt 64 bewegen.

Bei den Fig. 4, 5, 6 ist die Bohrung des Rings 50 jeweils so gezeichnet, daß deren Wand entsprechend dem Schrägungswinkel der Schrägfläche 54 schräggestellt ist. Dies ist keine zwingende Ausbildung. Bedingung ist lediglich, daß die Bohrung des Rings in technisch sinnvoller Weise mit der Schrägfläche 54 in Eingriff ist. Auch die Schrägfläche 54 muß nicht zwingend kegelförmig verlaufen. Z. B. wäre ein äquivalenter, konvex-bogenförmiger Verlauf möglich. Schließlich kann man die Verhältnisse sozusagen umdrehen, also die funktionserforderliche Schrägfläche an dem Ring 50 vorsehen und das, z. B. nur für Linienkontakt vorgesehene, Gegenstück an den Klemmeingriffskörpern 51.

In den Fig. 7 bis 9 ist ein alternatives Ausführungsbeispiel eines piezoelektrischen Antriebselement dargestellt. Ähnliche Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 1 bis 6 versehen.

Das Antriebselement 22 enthält eine erste Klemmeinrichtung 38, eine zweite Klemmeinrichtung 40 und dazwischen angeordnet den piezoelektrischen Linearbeweger 36. Die piezoelektrischen Klemmelementbetätiger 44 der ersten und der zweiten Klemmeinrichtung 38, 40 sowie der Linearbeweger 36 sind in Fig. 7 über dem Bewegungsübertragungselement 16 angebracht. Das Antriebselement 22 besitzt ein Gehäuse 70, z. B. aus Metall, das — analog zu den Platten 41, 43, 45, 47 der Fig. 2 — von links nach rechts Stützwände 72, 74, 76, 78 aufweist. Zwischen den Stützwänden 74 und 76 ist der Linearbeweger 36 spielfrei gehalten. Die Stützwände 76 und 78 bzw. 72 und 74 dienen jeweils zum Abstützen von Bauteilen der ersten bzw. zweiten Klemmeinrichtung 38, 40. In dem unteren Bereich des Gehäuses 70 weisen die Stützwände 72, 74, 76 und 78 jeweils eine rechteckige Öffnung 92 auf, durch die das Bewegungsübertragungselement 16 geführt ist.

Das Klemmelement 48 der Klemmeinrichtung 38 hat eine Basis 82, die mit ihrer in Fig. 7 linken Stirnseite an der Stützwand 76 anliegt und an ihrem oberen Ende mit einem fingerartigen Klemmeingriffskörper 51 federnd elastisch verbunden ist. Der Klemmeingriffskörper 51 stützt sich mit einer Nase 84 nach oben gegen das Gehäuse 70 ab und trägt an seinem freien Ende die Klemmfläche 56. Insgesamt ragt der Klemmeingriffskörper 51 von oben schräg nach unten gegen das Bewegungsübertragungselement 16. Durch eine biegeeweiche Verbindung 86 und ein Anschlußstück 88 ist das Klemmelement 48 mit dem linken Ende des Klemmelementbetätigers 44 fest verbunden. Der Klemmelementbetätiger 44 wird durch eine Justierschraube 80, die mit einem Gewindebereich der rechten Stützwand 78 zusammenwirkt, gestützt. Ein Zwischenstück 90 schützt den Klemmelementbetätiger 44 vor Beschädigungen durch die Justierschraube 80.

Wird der Klemmelementbetätiger 44 betätigt, drückt er mit seinem linken Ende über die biegeeweiche Verbindung 86 die Klemmfläche 56 des Klemmeingriffskörpers 51 gegen das Bewegungsübertragungselement 16, dabei verhindert die Nase 84 ein Ausweichen nach oben. Die



Grundplatte 92 des Gehäuses 70 erfüllt die Funktion eines Widerlagers für das Bewegungsübertragungselement 16.

Ist die biegeeweiche Verbindung 86, welche die Kraft des Klemmelementbetätigers 44 überträgt, weiter nach oben im Verhältnis zur Darstellung in Fig. 7 versetzt, vergrößert sich bei gegebenem Hub des Klemmelementbetätigers 44 der Anpreßweg, um den sich die Klemmfläche 56 auf das Bewegungsübertragungselement 16 zubewegt, gleichzeitig verringert sich die dabei übertragene Anpreßkraft. Ähnlich den Ausführungen zu Fig. 5 und 6 kann — hier durch geeignete Wahl der Schrägstellung und der Hebelverhältnisse — eine erwünschte Anpreßkraft-Anpreßweg-Relation gewählt werden.

Wie in Fig. 2 sind die Klemmeinrichtungen 38 und 40 gleichsinnig orientiert. Die Justierschraube 80 wirkt in der zweiten Klemmeinrichtung 40 mit dem Klemmelement 48 zusammen. In dem Bereich der Stützwand 72 ist das Antriebselement 22 im Längsschnitt dargestellt, so daß die Öffnung 92 in der Stützwand 72 sichtbar ist, durch die das Bewegungsübertragungselement 16 führt.

Im Querschnitt der Fig. 9 erstreckt sich der Klemmelementbetätiger 44 über die gesamte Breite des Gehäuses 70, so daß das Antriebselement 22 nach unten von der Grundplatte 92 und nach oben von der Deckplatte 94 durch das Gehäuse 70 begrenzt ist. Zwischen Grundplatte 92 und Klemmelementbetätiger 44 ist das Bewegungsübertragungselement 16 vorgesehen, das in der Form eines flachen Bandes mit rechteckigem Querschnitt ausgebildet ist.

Einen Querschnitt durch das Antriebselement 22 im Bereich des piezoelektrischen Linearbewegers 36 zeigt die Fig. 8. In diesem Bereich bilden Eckstäbe 100, 102, 104 und 106 eine dehnbare, elastische Verbindung zwischen den beiden Klemmeinrichtungen 38, 40. Der obere Durchbruch 98 und der untere Durchbruch 96 sind in Fig. 7 durch gestrichelte Linien angedeutet.

Die Funktion dieses Antriebselements 22 erfolgt in Analogie zu der des in Verbindung mit den Fig. 2 bis 6 beschriebenen Antriebselements 22.

#### Patentansprüche

1. Endoskop mit einem Endoskopschaft (2), der im vorderen Endbereich einen beweglichen Abschnitt (4) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Endoskopschaft (2) in der Nähe des beweglichen Abschnitts (4) mindestens ein miniaturisiertes, elektrisches Antriebselement (22) zum Bewegen des beweglichen Abschnitts (4) vorgesehen ist.
2. Endoskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebselement (22) ein piezoelektrisches Antriebselement ist.
3. Endoskop nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebselement (22) als mit einer Folge linearer Antriebsschritte arbeitendes, piezoelektrisches Antriebselement ausgebildet ist.
4. Endoskop nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Antriebselement (22) und dem beweglichen Abschnitt (4) des Endoskopschafts (2) ein Bewegungsübertragungselement (16) vorgesehen ist.
5. Endoskop nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Bewegungsübertragungselement (16) ein langgestreckter Strang ist.
6. Endoskop nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Bewegungsübertragungselement

(16) ein flacher Strang ist.

7. Endoskop nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebselement (22) zwei piezoelektrisch betätigbare Klemmelemente (48) zum wechselnden Klemmeingriff mit dem Bewegungsübertragungselement (16) aufweist.

8. Endoskop nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das jeweilige Klemmelement (48) zu mindestens einen Klemmeingriffskörper (51) aufweist; und daß die piezoelektrische Betätigungsbeziehung über eine Schrägfläche (54) in die Klemmbewegung des Klemmeingriffskörpers (51) umgesetzt wird.

9. Endoskop nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das jeweilige Klemmelement (48) mindestens einen relativ zu dem Bewegungsübertragungselement (16) schräggestellten Klemmeingriffskörper (51) aufweist; und daß der Klemmeingriffskörper (51) so angeordnet ist, daß er unter der Wirkung der piezoelektrischen Betätigungsbeziehung schwenkt und in Klemmeingriff mit dem Bewegungsübertragungselement (16) kommt.

10. Endoskop nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das jeweilige Klemmelement (48) mindestens einen Klemmeingriffskörper (51) aufweist; daß der Klemmeingriffskörper (51) relativ zu dem Bewegungsübertragungselement (16) eine derartige Schrägstellung (Winkel 62) besitzt, daß sich bei Kraftübertragung zwischen dem Klemmelement (48) und dem Bewegungsübertragungselement (16) eine Selbstverstärkung des Klemmeingriffs ergibt.

11. Endoskop nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Bauteile (44; 36) des piezoelektrischen Antriebselements (22) alle auf einer Seite des Bewegungsübertragungselements (16) angeordnet sind.

12. Endoskop nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Klemmelement (48) umfangmäßig verteilt mehrere Klemmeingriffskörper (51) aufweist.

13. Endoskop nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Klemmelement (48) ein geschlitztes Ringelement ist.

14. Endoskop nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Endoskopschaft (2) drei Antriebselemente (22; 24; 26) umfangmäßig beabstandet untergebracht sind.

15. Endoskop nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Antriebselemente (22; 24; 26) nebeneinander vorgesehen sind, die hinsichtlich der Längserstreckung des Endoskopschafts (2) im wesentlichen an gleicher Stelle angeordnet sind.

16. Endoskop nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Antriebselemente (22; 24; 26) vorgesehen sind, die in Längsrichtung des Endoskopschafts (2) versetzt angeordnet sind.

17. Endoskop nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein derart an den beweglichen Abschnitt (4) angeschlossenes Antriebselement (22) vorgesehen ist, daß der bewegliche Abschnitt (2) abkrümmbar ist.

18. Endoskop nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß minde-

stens ein derart an den beweglichen Abschnitt (4) angeschlossenes Antriebselement (22) vorgesehen ist, daß der bewegliche Abschnitt (4) längenveränderbar ist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



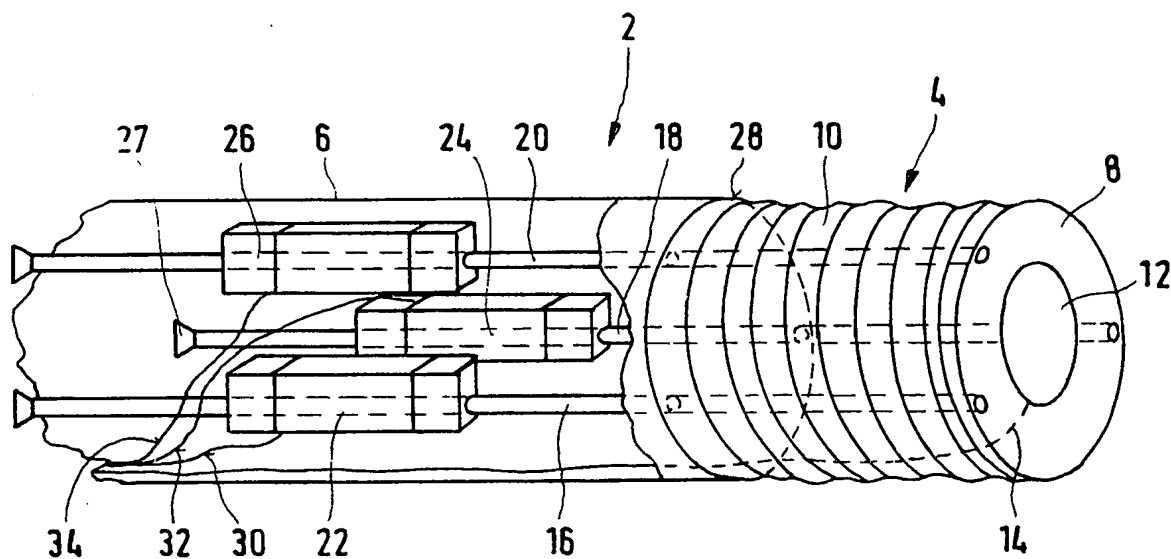
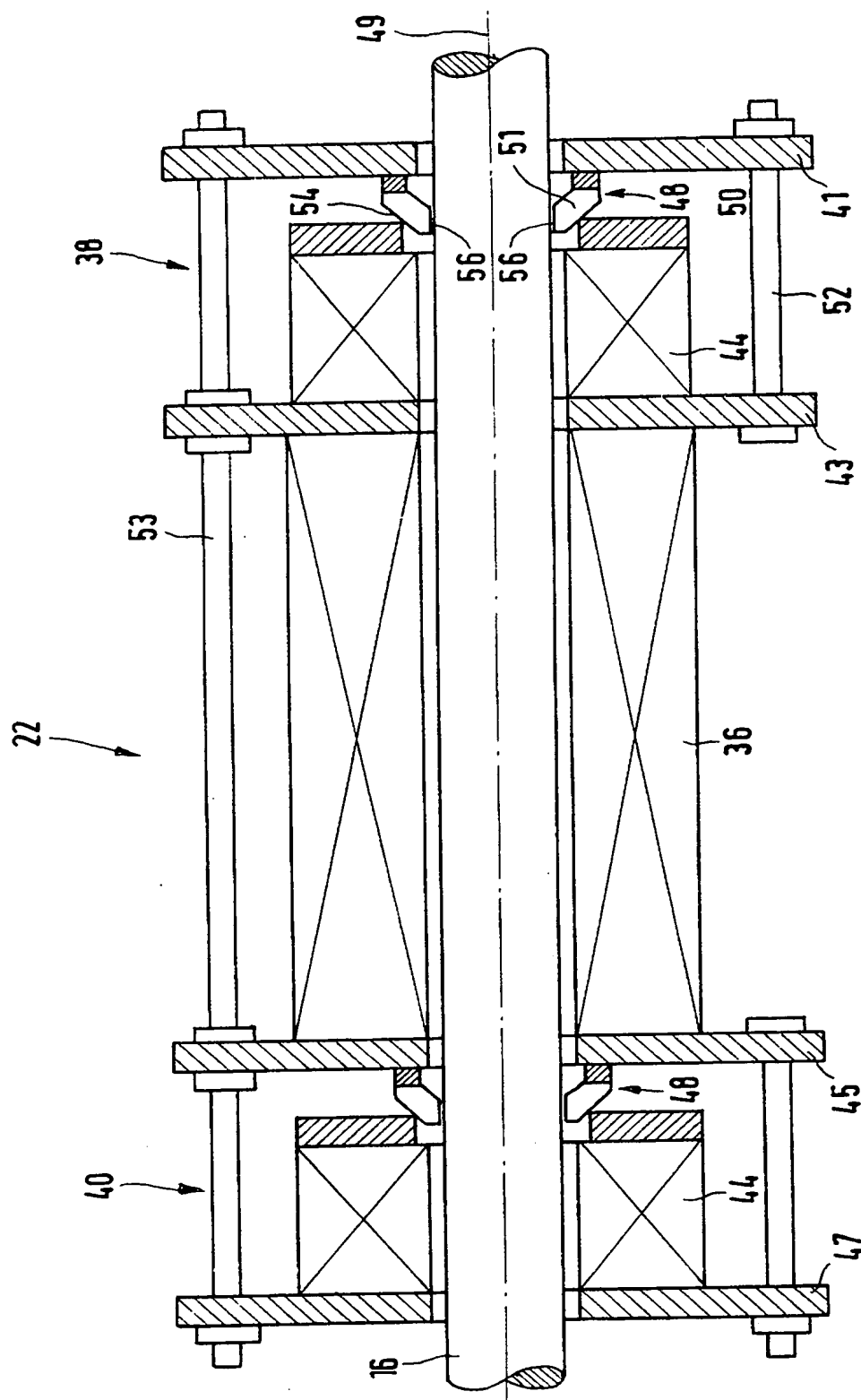


FIG. 1



**FIG. 2**

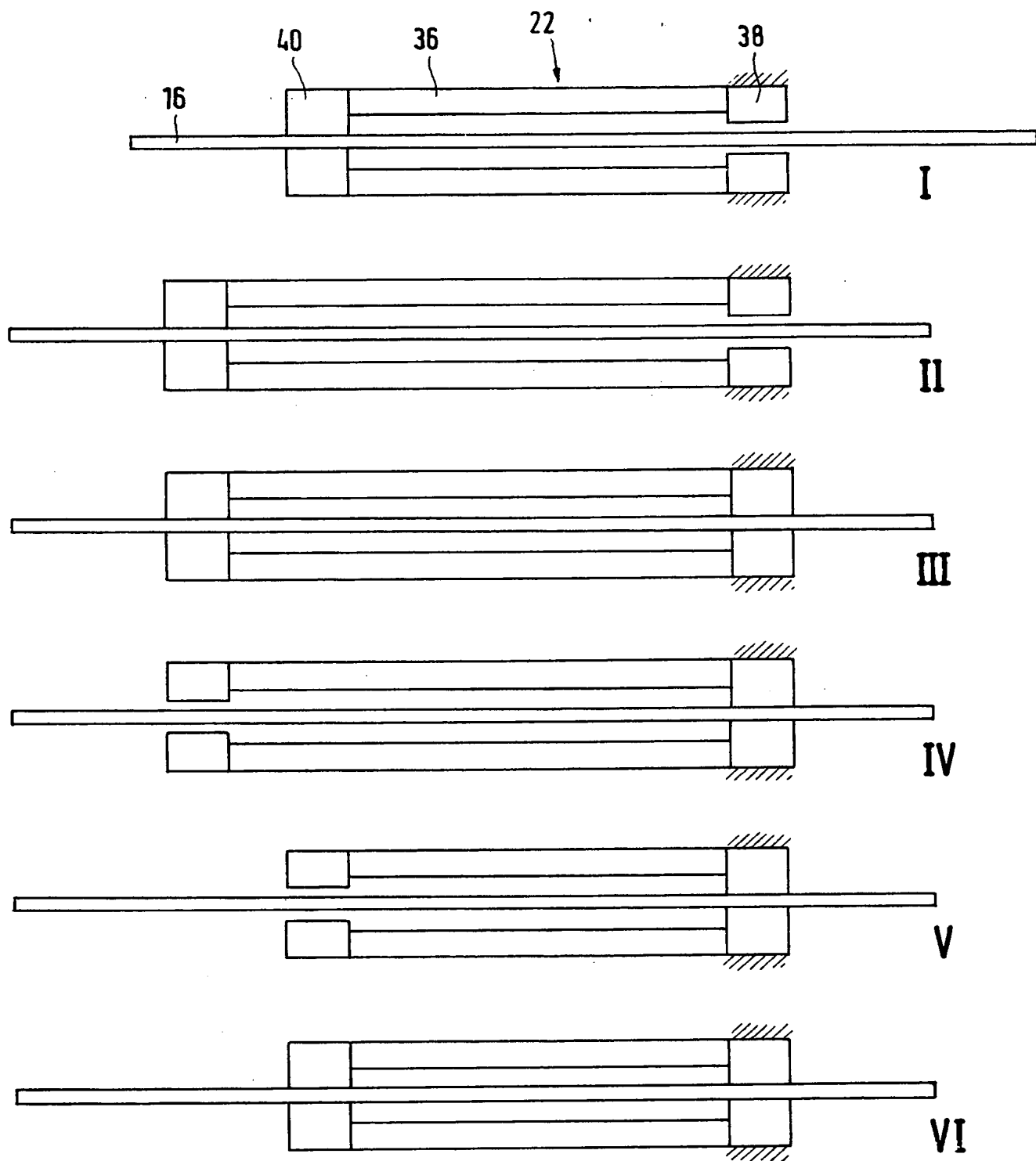


FIG. 3

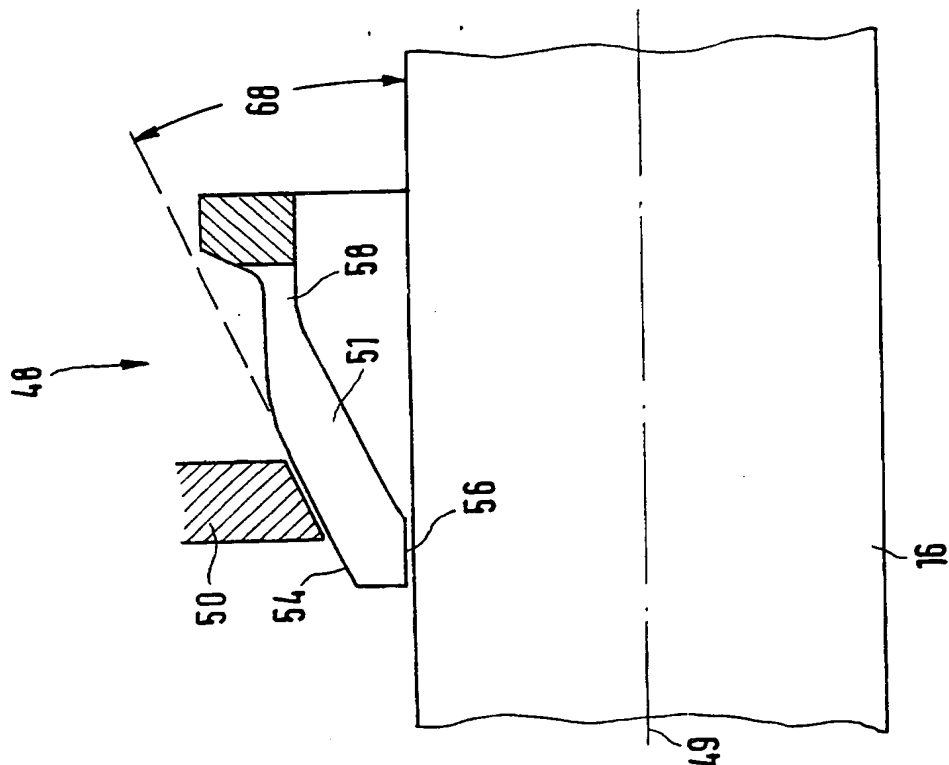


FIG. 5

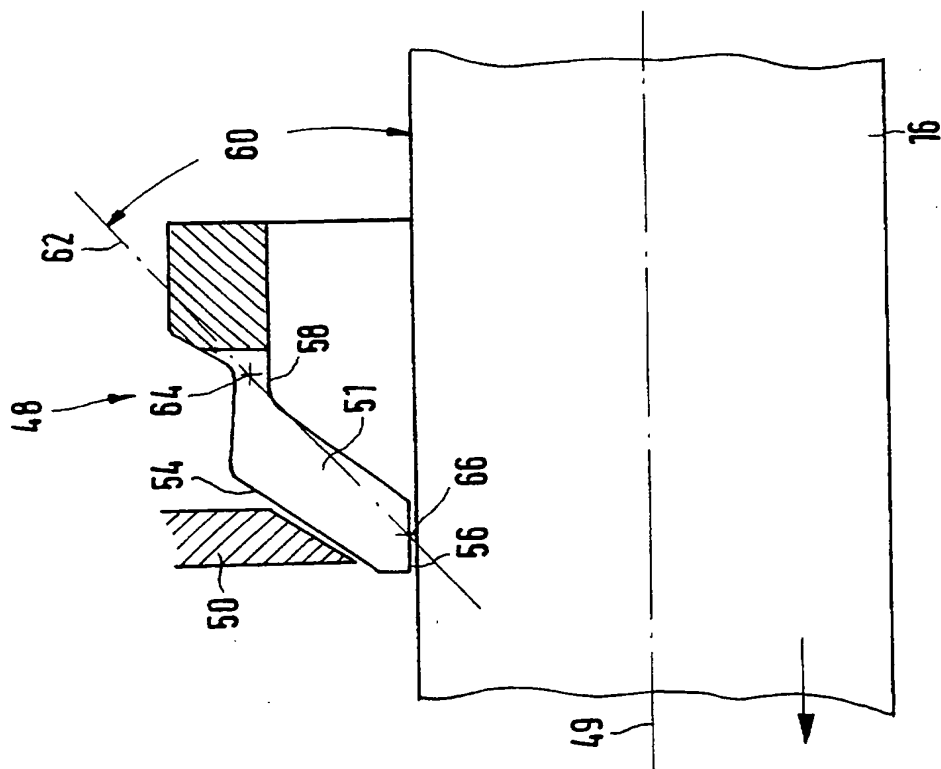
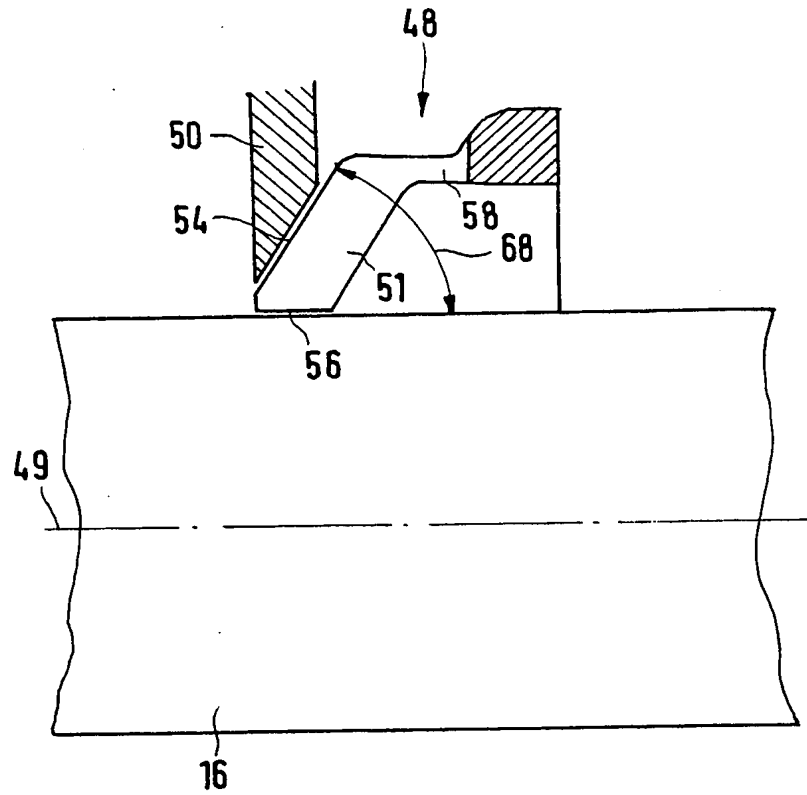


FIG. 4



**FIG. 6**

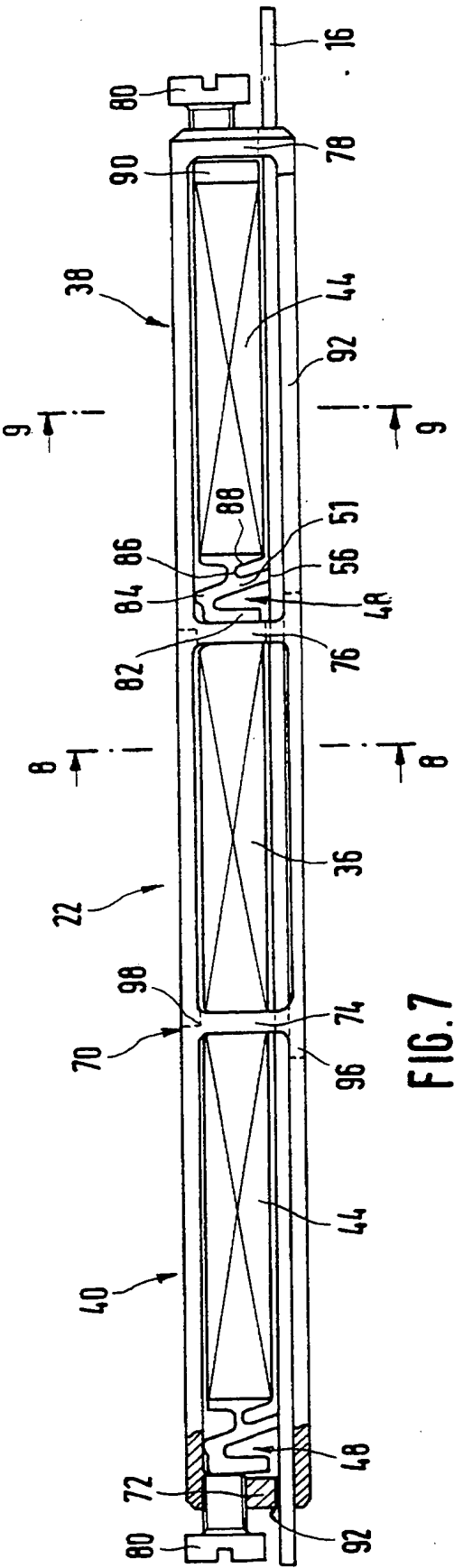


FIG. 7

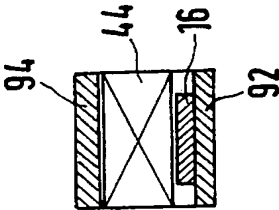


FIG. 9

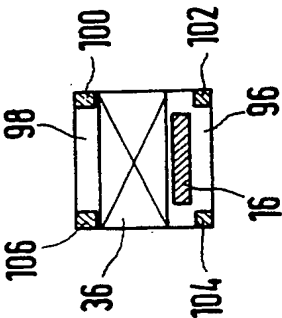


FIG. 8